



the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-97978

(P2002-97978A)

(43) 公開日 平成14年4月5日 (2002.4.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
F 0 2 D 41/04	3 3 0	F 0 2 D 41/04	3 3 0 C 3 G 0 2 2
	3 0 5		3 0 5 A 3 G 0 8 4
F 0 1 N 3/08		F 0 1 N 3/08	A 3 G 0 9 1
3/20		3/20	E 3 G 3 0 1
3/28	3 0 1	3/28	3 0 1 E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-293594(P2000-293594)

(22) 出願日 平成12年9月27日 (2000.9.27)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 西村 博文

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 荒木 啓二

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外7名)

最終頁に続く

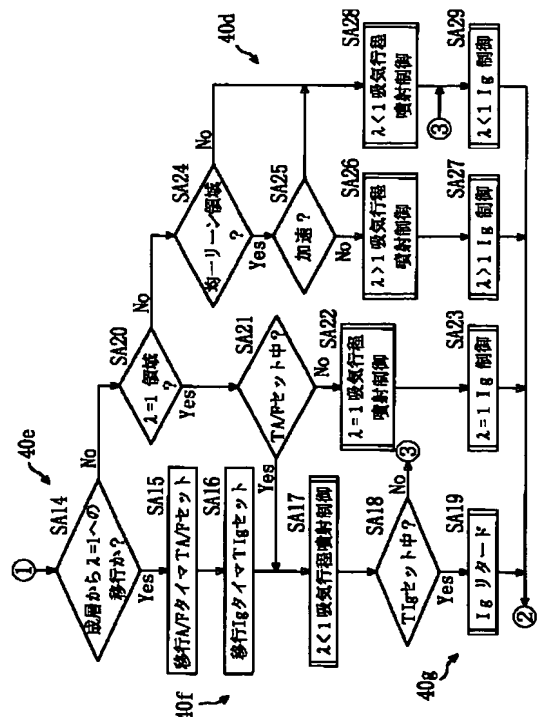
(54) 【発明の名称】 火花点火式エンジンの燃料制御装置

(57) 【要約】

【課題】 排気通路28に三元触媒32及びリーンNO<sub>x</sub>触媒34が配設され、低回転低負荷側の成層燃焼領域(イ)とそれよりも高回転側の均一リーン領域(ハ)とで筒内空燃比をリーンになるように、また、それらの間の $\lambda=1$ 領域(ロ)では略理論空燃比になるように、切替えて制御する場合に、エンジン1が前記領域(イ)

(ハ)から領域(ロ)に移行したときの排気空燃比状態の制御に工夫を凝らし、触媒32、34の排気浄化性能と耐熱信頼性とを確保しながら、併せて、運転フィールの低下を防止する。

【解決手段】 エンジン1が成層燃焼領域(イ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したときに(SA14)、インジェクタ12による燃料噴射量を増量補正して、筒内空燃比をリッチ化補正することで、排気空燃比状態をリッチ化させる。エンジン1が均一リーン領域(ハ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したときには、基本的に前記リッチ化補正を行わないようにする。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 少なくとも排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態のときに、三元浄化機能を発揮する触媒と、

気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、エンジンが該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2設定領域にあるか或いは加速運転状態のときに略理論空燃比になるように、切替えて制御する空燃比制御手段とを備えた火花点火式エンジンの燃料制御装置において、

前記空燃比制御手段は、エンジンが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものであり、

エンジンが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したことを、若しくはエンジンが加速運転状態に移行したことを判定する移行判定手段と、前記移行判定手段によりエンジンの前記第1設定領域から第2設定領域への移行又はエンジンの加速運転状態への移行が判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには前記リッチ化補正を行わない排気空燃比状態補正手段とを備えていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項2】** 酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒と、

気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2設定領域では略理論空燃比になるように切替えて制御する空燃比制御手段とを備えた火花点火式エンジンの燃料制御装置において、

前記空燃比制御手段は、エンジンが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものであり、

前記触媒における $\text{NO}_x$ 吸収量が所定量以上になったことを判定する $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段と、

エンジンが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したことを判定する移行判定手段と、

前記移行判定手段によりエンジンの前記第1設定領域から第2設定領域への移行が判定されたか、又は前記 $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段により $\text{NO}_x$ 吸収量が所定量以上に

なると判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには、前記リッチ化補正を行わない排気空燃比状態補正手段とを備えていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項3】** 請求項1又は2のいずれかにおいて、排気空燃比状態補正手段は、リッチ化補正として、筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになるように、燃焼室への燃料供給量を増量させるものであり、前記排気空燃比状態補正手段によりリッチ化補正が行われるとき、気筒の点火時期を遅角側に補正する点火時期補正手段を備えていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項4】** 請求項1又は2のいずれかにおいて、気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁と、

エンジンが第1設定領域にあるときに前記燃料噴射弁により燃料を気筒の圧縮行程で噴射させる一方、第2及び第3設定領域では該燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程で噴射させる燃料噴射制御手段とを備え、

排気空燃比状態補正手段は、リッチ化補正として、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させるものであることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項5】** 請求項1又は2のいずれかにおいて、空燃比制御手段には、エンジンが第3設定領域にあってかつ加速運転状態のときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように補正する補正制御部が設けられていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項6】** 請求項1又は2のいずれかにおいて、触媒は、酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収タイプのものであり、前記触媒が $\text{NO}_x$ 吸収性能の低下する所定の硫黄被毒状態であることを判定する硫黄被毒判定手段を備え、空燃比制御手段には、前記硫黄被毒判定手段による判定が行われたときに、前記触媒からの硫黄の脱離を促進するよう、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように補正する補正制御部が設けられていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

**【請求項7】** 酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒と、

気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2

設定領域では略理論空燃比になるように切替えて制御する空燃比制御手段とを備えた火花点火式エンジンの燃料制御装置において、

前記空燃比制御手段は、エンジンが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものであり、

前記触媒における $\text{NO}_x$ 吸収量が設定量以上になったことを判定する $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段と、

エンジンが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したことを判定する移行判定手段と、

前記移行判定手段によりエンジンの前記第1設定領域から第2設定領域への移行が判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには、前記 $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段による判定時のみ前記リッチ化補正を行う排気空燃比状態補正手段とを備えていることを特徴とする火花点火式エンジンの燃料制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、排気通路に触媒が配設され、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比（以下、筒内空燃比という）が略理論空燃比又はそれよりもリーンに切替えられる火花点火式エンジンの燃料制御装置に関し、特に、エンジンが空燃比のリーンな運転状態から略理論空燃比の運転状態に移行したときの排気空燃比状態の制御に係る。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種の火花点火式エンジンとして、例えば特開平11-200853号公報に開示されるものように、エンジンの排気通路にいわゆる三元触媒を配設し、かつその下流側に隣接するように、 $\text{NO}_x$ 吸収材を有する $\text{NO}_x$ 吸収還元型の触媒を配設するとともに、負荷のそれほど大きくない所定運転領域においては筒内空燃比をリーンとし、それ以外の運転領域では筒内空燃比を理論空燃比かそれよりもリッチになるように制御するようにしたものが知られている。

【0003】また、前記触媒の $\text{NO}_x$ 吸収材としては主にバリウム等のアルカリ土類金属が用いられており、これは、排気空燃比状態がリーンな所定状態、即ち排気中の酸素濃度が例えば4%以上の酸素過剰雰囲気において排気中の $\text{NO}_x$ を酸化し、硝酸塩として吸収する一方、酸素濃度が低下すると、吸収した硝酸塩を排気中の $\text{CO}$ と置換反応させて、この $\text{CO}$ を炭酸塩として吸収しつつ、 $\text{NO}_x$ を放出するものである。

【0004】そして、エンジンが前記の如く筒内空燃比のリーンな状態で運転されると、排気空燃比状態もリ

ーンになり、この排気中の $\text{NO}_x$ が前記 $\text{NO}_x$ 吸収材に吸収されて、排気が浄化される。一方、筒内空燃比が略理論空燃比になると、排気空燃比状態は略理論空燃比に対応する状態、即ち酸素濃度が略0.5~1%以下の状態になり、触媒の三元浄化機能によって、排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 及び $\text{NO}_x$ の殆どが浄化されるとともに、前記 $\text{NO}_x$ 吸収材から放出された $\text{NO}_x$ も $\text{HC}$ や $\text{CO}$ と反応して、還元浄化されるようになる。

【0005】また、前記 $\text{NO}_x$ 吸収材には、 $\text{NO}_x$ 吸収量が増えるほど、その吸収性能が低下するという性質があるので、前記従来例のものでは、エンジンが空燃比のリーンな運転状態から略理論空燃比の運転状態に移行したときに、筒内空燃比を短時間だけかつ大幅に、即ちスパイク的にリッチ化させて、 $\text{NO}_x$ の放出を促すようにしている（以下、 $\text{NO}_x$ パージともいう）。

【0006】ところで、いわゆる三元触媒はもとより、前記 $\text{NO}_x$ 吸収還元型触媒のように、排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒には、一般的にセリア（ $\text{CeO}_2$ ）等の酸素吸収材が含まれている。この酸素吸収材は、酸素濃度が或る程度（例えば0.5%）以上のときに排気中の酸素を吸収する一方、それよりも酸素濃度が低下すると、酸素を放出するという性質を有し、排気中の酸素濃度の変動状態を適度に調節して、触媒の三元浄化機能を高めることができるものである。

【0007】しかし、前記従来例のように、エンジンの排気通路に三元触媒と $\text{NO}_x$ 吸収還元型触媒とを直列に配置すると、排気空燃比状態がリーンから略理論空燃比に対応する状態に変化したときに、触媒に含まれる酸素吸収材から酸素が放出されて、前記2つの触媒の付近では局所的に空燃比状態がリーン側にずれてしまい、該両触媒の三元浄化機能が阻害されることがある。また、放出される酸素との反応によって排気中の $\text{HC}$ や $\text{CO}$ が消費されてしまうことから、下流側に位置する $\text{NO}_x$ 吸収還元型触媒の $\text{NO}_x$ パージが効率良く行えなくなる虞れがある。

【0008】この点について、前記従来例のものでは、エンジンの運転履歴や三元触媒における酸素吸収能力等を考慮して、エンジンの筒内空燃比がリーンから略理論空燃比に切り替わったときに三元触媒から放出される酸素量を推定し、この酸素との反応により $\text{HC}$ や $\text{CO}$ が消費されることを見越して、それでもなお、該三元触媒や下流側の $\text{NO}_x$ 吸収還元型触媒が十分な三元浄化機能を発揮し、かつ該 $\text{NO}_x$ 吸収還元型触媒に十分な量の $\text{HC}$ や $\text{CO}$ が供給されるように、筒内空燃比のリッチ化の度合を決定するようにしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般に、火花点火式エンジンにおいて排気の温度状態が最も高くなるのは、筒内空燃比が略理論空燃比のときであって、そ

れよりも空燃比がリッチになれば、空気に対して過剰な燃料の熱容量及び気化潜熱によって、排気の温度が低下するようになり、一方、空燃比が理論空燃比よりもリーンになれば、今度は燃料に対して過剰な空気の熱容量によって、排気の温度が低下することは知られている。

【0010】そこで、通常、エンジンが高回転ないし高負荷側の運転領域にあるときに、十分な出力を確保しながら、排気温度の上昇を抑えるために、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように制御することが行われている（以下、この領域をエンリッチ領域という）。このことは、前記従来例のように低回転低負荷の運転領域において筒内空燃比のリーンな状態で運転するようにしたものであっても同様である（以下、この領域を低回転側リーン領域という）。

【0011】これに対し、エンジンが比較的、高回転ないし高負荷側の運転領域にあるときでも、出力に対する要求があまり高くない例えば中負荷域等において、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するようにすれば、触媒の過熱を防止しつつ、燃費を大幅に低減することができると考えられる（以下、このような制御を行う領域を高回転側リーン領域という）。

【0012】このようにした場合、エンジンの全運転領域についてみると、低回転低負荷側に低回転側リーン運転領域が、またその高回転ないし高負荷側に隣接して、筒内空燃比を略理論空燃比とする運転領域（以下、 $\lambda = 1$  領域という）がそれぞれ設定され、この $\lambda = 1$  領域の少なくとも高回転側に高回転側リーン領域が設定されることになる。

【0013】そして、エンジンが前記高回転側リーン領域から $\lambda = 1$  領域に移行したときには、上述した従来例における低回転側リーン領域から $\lambda = 1$  領域への移行時と同様に、触媒から酸素が放出されることになるので、この酸素放出に起因する不具合を解消するために、一時的に筒内空燃比を大幅にリッチ化補正するようにすることも考えられる。

【0014】しかしながら、高回転側リーン領域では低回転側リーン領域に比べて、排気の温度状態がかなり高いので、該高回転側リーン領域から $\lambda = 1$  領域へ移行したときに筒内空燃比をリッチ化させると、これに伴い増大する排気中のCOやHCが触媒から放出される酸素と反応し、この反応熱により触媒が過熱して、信頼性の低下を招く虞れがある。

【0015】また、エンジンが高回転側リーン領域から $\lambda = 1$  領域に移行するということは、エンジンの負荷状態又は回転速度が低くなるということであり、例えば、車両の高速走行中に運転者がアクセルを戻したとき等に相当するから、このときに筒内空燃比がリッチ化されてトルク変動が生じると、運転者が違和感を感じやすいという実状がある。

【0016】本発明は斯かる点に鑑みてなされたもので

あり、その目的とするところは、火花点火式エンジンの排気通路に、少なくとも排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒を備えるとともに、このエンジンを筒内空燃比のリーンな状態と略理論空燃比状態とに切替えて運転するようにしたものにおいて、排気空燃比状態がリーンから理論空燃比に対応する状態に変化したときに、前記触媒から酸素が放出されることに着目して、このときの排気空燃比状態の制御に工夫を凝らすことで、触媒の排気浄化性能と耐熱信頼性とを確保しながら、併せて、運転フィードバックの低下を防止することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成すべく、本発明の解決手段では、エンジンが相対的に触媒温度の低い低回転側リーン領域（第1設定領域）から $\lambda = 1$  領域（第2設定領域）に移行したとき、又はエンジンが加速運転状態になったとき、若しくは、触媒がNO<sub>x</sub> 吸収タイプのものである場合に、この触媒のNO<sub>x</sub> パージを行う必要のあるときに、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるように補正するリッチ化補正を行う一方、エンジンが相対的に触媒温度の高い高回転側リーン領域（第3設定領域）から $\lambda = 1$  領域に移行したときには、前記リッチ化補正を行わないようにした。

【0018】具体的に、請求項1の発明では、図1(a)に模式的に示すように、少なくとも排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒aと、気筒内燃焼室bにおける点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンcが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、エンジンcが該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2設定領域にあるか或いは加速運転状態のときに略理論空燃比になるように、切替えて制御する空燃比制御手段dとを備えた火花点火式エンジンの燃料制御装置を前提とする。そして、前記空燃比制御手段dを、エンジンcが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものとし、さらに、エンジンcが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したとき、若しくはエンジンcが加速運転状態に移行したことを判定する移行判定手段eと、該移行判定手段eによりエンジンcの前記第1設定領域から第2設定領域への移行又はエンジンcの加速運転状態への移行が判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンcの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには前記リッチ化補正を行わない排気空燃比状態補正手段fとを備える構成とする。

【0019】前記の構成により、まず、エンジンcが第1又は第3設定領域にあるとき、空燃比制御手段dにより、エンジンcの筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになるように制御され、燃費の低減が図られる。また、このとき、排気はリーン、即ち酸素濃度の高い状態になり、この排気中の酸素の一部が触媒aに徐々に吸収されるようになる。

【0020】そして、エンジンcが前記第1設定領域から第2設定領域へ移行したとき、又はエンジンcが加速運転状態になったとき、触媒aから酸素が放出されることになるが、このとき、排気空燃比状態補正手段によりリッチ化補正制御が行われ、排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態よりもリッチ、即ち酸素濃度の低い状態になることで、前記のように触媒aからの酸素が放出されても、この触媒aの付近の局所的な排気空燃比状態を略理論空燃比に対応する適切な状態とすることができ、これにより、触媒aに十分な三元浄化機能を発揮させることができる。

【0021】また、前記リッチ化補正に伴い、排気温度が上昇するが、第1設定領域では触媒aの温度状態は相対的に低い状態に維持されているので、リッチ化補正に起因して触媒aが過熱することはない。

【0022】一方、エンジンcが前記第3設定領域にあるときには、排気の温度状態が高いことから、触媒の温度状態も相対的に高くなっているため、この第3設定領域から第2設定領域へ移行したときには、前記排気空燃比のリッチ化補正を行わないことで、触媒aの過熱を防止することができ、これにより、触媒aの信頼性を確保することができる。また、空燃比のリッチ化に伴うトルク変動の発生を回避して、運転者が違和感を感じることを防止できる。

【0023】尚、エンジンcが前記第3設定領域にあるときには、通常、筒内空燃比を第1設定領域に比べてリッチ側に制御することが多いので、排気中の酸素濃度が相対的に低くなっており、しかも、第1設定領域に比べて高回転側であることから、相対的に排気流速が高くなり、結果、触媒aの酸素吸収材による酸素吸収量はあまり多くはならない。このため、その後に略理論空燃比の運転状態に切替わったときに触媒aから放出される酸素量が少なくなり、そのことによる影響も小さい。

【0024】次に、請求項2の発明では、図1(b)に模式的に示すように、酸素過剰雰囲気中の排気中のNO<sub>x</sub>を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収したNO<sub>x</sub>を放出するNO<sub>x</sub>吸収タイプの触媒aと、気筒内燃焼室bにおける点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンcが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2設定領域では略理論空燃比になるように切替えて制御する空燃比制御手段dとを備えた火花点火式エンジンの燃料制

御装置を前提とする。そして、前記空燃比制御手段dを、エンジンcが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものとし、さらに、前記触媒aにおけるNO<sub>x</sub>吸収量が所定量以上になったことを判定するNO<sub>x</sub>吸収状態判定手段eと、エンジンcが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したことを判定する移行判定手段fと、該移行判定手段fによりエンジンcの前記第1設定領域から第2設定領域への移行が判定されたか、又は前記NO<sub>x</sub>吸収状態判定手段eによりNO<sub>x</sub>吸収量が所定量以上になったと判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンcの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには、前記リッチ化補正を行わない排気空燃比状態補正手段gとを備える構成とする。

【0025】この構成では、前記請求項1の発明と同様に、エンジンcが第1又は第3設定領域にあるときに筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになり、燃費の低減が図られるとともに、酸素過剰雰囲気中の排気中のNO<sub>x</sub>はNO<sub>x</sub>吸収タイプの触媒aに徐々に吸収されて、浄化される。また、エンジンcが前記第1設定領域から第2設定領域へ移行するか、又は触媒aによるNO<sub>x</sub>吸収量が所定量以上になって、この触媒aによるNO<sub>x</sub>吸収能力の低下が懸念されるようになれば、排気空燃比状態補正手段によりリッチ化補正制御が行われ、排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチにされることで、前記触媒aからNO<sub>x</sub>の放出及び還元浄化が効率的に行われる。この際、前記リッチ化補正に伴い、排気温度が上昇するが、第1設定領域では触媒aの温度状態は相対的に低い状態に維持されているので、排気温度が上昇しても、触媒aの温度状態はNO<sub>x</sub>浄化性能の高い適度な温度範囲にとどまる。

【0026】一方、エンジンcが前記第3設定領域にあるときには、排気の温度状態が高いことから、触媒aの温度状態も相対的に高くなっているため、この第3設定領域から第2設定領域へ移行したときには、前記排気空燃比のリッチ化補正を行わないことによって、触媒aの過熱を防止することができ、これにより、触媒aの信頼性を確保することができる。また、空燃比のリッチ化に伴うトルク変動の発生を回避して、運転者が違和感を感じることを防止できる。

【0027】請求項3の発明では、排気空燃比状態補正手段を、リッチ化補正として、筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになるように気筒内燃焼室への燃料供給量を増量させるものとし、さらに、該排気空燃比状態補正手段によりリッチ化補正が行われるとき、気筒の点火時期を遅角側に補正する点火時期補正手段を備える構成とする。

【0028】この構成では、排気空燃比状態補正手段によるリッチ化補正制御が行われて、気筒内燃焼室への燃料供給量が増量されることで、排気空燃比状態が確実にリッチ化される。また、これに伴うエンジントルクの増大が、点火時期の遅角側への補正により打ち消されて、トルク変動が緩和される。

【0029】請求項4の発明では、気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁と、エンジンが第1設定領域にあるときに前記燃料噴射弁により燃料を気筒の圧縮行程で噴射させる一方、第2及び第3設定領域では該燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程で噴射させる燃料噴射制御手段とを備えるものとし、さらに、排気空燃比状態補正手段を、リッチ化補正として、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させるものとする。

【0030】このことで、排気空燃比状態補正手段によるリッチ化補正制御が行われて、燃量噴射弁により気筒の膨張行程ないし排気行程で燃料の追加噴射が行われることで、エンジンの出力トルクの変動を抑えながら、排気空燃比状態を確実にリッチ化させることができる。

【0031】請求項5の発明では、空燃比制御手段に、エンジンが第3設定領域にあってかつ加速運転状態のときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように補正する補正制御部を設けるものとする。こうすることで、エンジンが加速運転状態のときには、筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになり、加速運転に対応する十分な出力が得られる。

【0032】請求項6の発明では、触媒は、酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収タイプのものとし、該触媒が $\text{NO}_x$ 吸収性能の低下する所定の硫黄被毒状態であることを判定する硫黄被毒判定手段を備える。そして、空燃比制御手段には、前記硫黄被毒判定手段による判定が行われたときには、前記触媒からの硫黄の脱離を促進するよう、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように補正する補正制御部を設ける。

【0033】すなわち、一般に、 $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒は排気中の硫黄成分を、 $\text{NO}_x$ を吸収するのと同様のメカニズムにより吸着し、この硫黄成分の吸着量がある程度、多くなると、 $\text{NO}_x$ 吸収性能が低下するという性質がある(硫黄被毒)。そこで、この発明では、触媒が $\text{NO}_x$ 吸収性能の低下する所定の硫黄被毒状態であることを判定する硫黄被毒判定手段を設けて、該硫黄被毒判定手段による判定時には、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチになるように補正して、触媒からの硫黄の脱離を促進することで、 $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒を用いる場合でも、該触媒による排気浄化性能を安定的に維持することができる。

【0034】次に、本発明の第2の解決手段では、エン

ジンの排気通路に $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒を備えたものにおいて、この触媒による $\text{NO}_x$ の浄化性能が $\text{NO}_x$ の吸収量に応じて変化するとともに、顕著な温度依存性を有することに着目し、前記第1の解決手段と同様に、エンジンが相対的に触媒温度の低い低回転側リーン領域

(第1設定領域)から $\lambda = 1$ 領域(第2設定領域)に移行したときに、筒内空燃比のリッチ化補正を行う一方、エンジンが相対的に触媒温度の高い高回転側リーン領域(第3設定領域)から $\lambda = 1$ 領域に移行したときには、触媒における $\text{NO}_x$ 吸収量が多いときにだけ、リッチ化補正を行うようにした。

【0035】具体的に、請求項6の発明では、図1(b)に模式的に示すように、酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ を吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒aと、気筒内燃焼室bにおける点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、エンジンcが低回転低負荷側の第1設定領域にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、該第1設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第2設定領域では略理論空燃比になるように切替えて制御する空燃比制御手段dとを備えた火花点火式エンジンの燃料制御装置を前提とする。そして、前記空燃比制御手段dを、エンジンcが前記第2設定領域よりも高回転ないし高負荷側の第3設定領域にあるときには、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御するものとし、さらに、前記触媒aにおける $\text{NO}_x$ 吸収量が設定量以上になったことを判定する $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段eと、エンジンcが前記第1又は第3設定領域のいずれか一方から第2設定領域へ移行したことを判定する移行判定手段fと、該移行判定手段fによりエンジンcの前記第1設定領域から第2設定領域への移行が判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるようにリッチ化補正する一方、エンジンcの前記第3設定領域から第2設定領域への移行が判定されたときには、前記 $\text{NO}_x$ 吸収状態判定手段eによる判定時にのみ前記リッチ化補正を行う排気空燃比状態補正手段gとを備える構成とする。

【0036】この構成では、前記請求項1の発明と同様に、エンジンcが第1又は第3設定領域にあるときに筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになり、燃費の低減が図られるとともに、酸素過剰雰囲気中の $\text{NO}_x$ は $\text{NO}_x$ 吸収タイプの触媒aに徐々に吸収されて、浄化される。また、エンジンcが前記第1設定領域から第2設定領域に移行すると、排気空燃比状態補正手段によりリッチ化補正制御が行われ、排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチにされることで、前記触媒aから $\text{NO}_x$ の放出及び還元浄化が効率的に行われる。この際、前記リッチ化補正に伴い、排気温度が上昇するが、第1設定領域では触媒aの温度状態は相対的に低い状態に維持されているので、排気温度



が上昇しても、触媒aの温度状態はNO<sub>x</sub>浄化性能の高い適度な温度範囲にとどまる。

【0037】一方、エンジンcが前記第3設定領域にあるときには、排気の温度状態が高いことから、触媒aの温度状態も相対的に高くなっているため、この第3設定領域から第2設定領域へ移行したときには、基本的には前記排気空燃比のリッチ化補正を行わないことによって、触媒aの温度状態がさらに高くなることを抑制できる。但し、この際、NO<sub>x</sub>吸収状態判定手段eにより前記触媒aにおけるNO<sub>x</sub>吸収量が設定量以上になったことが判定されれば、NO<sub>x</sub>吸収性能の低下が懸念される状態であるから、このときにはリッチ化補正を行って、触媒aからのNO<sub>x</sub>の放出及び還元浄化を促すことで、該触媒aのNO<sub>x</sub>浄化性能を確保することができる。

【0038】

【発明の実施の形態】（実施形態1）図2は、本発明の実施形態1に係る火花点火式エンジンの燃料制御装置Aを示し、1は車両に搭載された多気筒エンジンである。このエンジン1は複数の気筒2、2、…（1つのみ図示する）が直列に設けられたシリンダブロック3と、このシリンダブロック3上に配置されたシリンダヘッド4とを有し、該各気筒2内にピストン5が図の上下方向に往復動可能に嵌挿されていて、そのピストン5の頂面とシリンダヘッド4の底面との間の気筒2内に燃焼室6が区画されている。一方、シリンダブロック3内にはクランク軸7が回転自在に支持されていて、このクランク軸7及びピストン5がコネクティングロッドにより連結されている。また、クランク軸7の一端側にはその回転角度を検出する電磁式のクランク角センサ8が配設されており、さらに、シリンダブロック3のウオータジャケットに臨んで、冷却水温度（エンジン水温）を検出する水温センサ9が配設されている。

【0039】前記各気筒2毎のシリンダヘッド4には、点火回路10に接続された点火プラグ11が燃焼室6の上部に臨むように取り付けられる一方、該燃焼室6の周縁部には燃料を気筒中心に向かって直接、噴射供給するように、インジェクタ12（燃料噴射弁）が取り付けられている。すなわち、詳しくは図示しないが、前記燃焼室6は、天井部の2つの傾斜面が互いに差し掛けられた屋根のような形状をなすペントルーフ型のものであり、その各傾斜面に吸気及び排気ポート13、14がそれぞれ2つずつ開口していて、この各開口端を開閉するように吸気及び排気弁15、15、…が配設されている。

【0040】また、前記インジェクタ12は、2つの吸気ポート13、13の間に挟まれるようにその下方に配置されていて、その先端側噴孔が2つの吸気弁15、15の傘部に近接して燃焼室6の周縁部に臨んでいる。一方、インジェクタ12は全気筒2、2、…に共通の燃料供給通路17を介して高圧燃料ポンプ18に接続されており、この高圧燃料ポンプ18と図外の高圧プレッシャ

レギュレータとによって燃料を適正な圧力状態に調節しながら、インジェクタ12に供給するようになっている。また、この燃料供給通路17には、内部の燃料の圧力状態（燃圧）を検出するための燃圧センサ19が設けられている。

【0041】そして、前記インジェクタ12により燃料が気筒2の圧縮行程中期以降に噴射されると、その燃料噴霧はピストン5の頂面に形成された長円形状のキャビティ5aにトラップされて、点火プラグ11の近傍に比較的濃い混合気の層を形成する。一方、前記インジェクタ12により燃料が気筒2の吸気行程で噴射されると、その燃料噴霧は燃焼室6に拡散して吸気と十分に混合され、点火時点までに燃焼室6に略均一な混合気を形成する。

【0042】同図に示すように、エンジン1の一側面（図の左側の側面）には、各気筒2毎の吸気ポート13にそれぞれ連通するように、吸気通路20が接続されている。この吸気通路20は、エンジン1の燃焼室6に対し図外のエアクリーナで濾過した吸気を供給するものであり、その上流側から下流側に向かって順に、エンジン1に吸入される吸入空気量を検出するホットワイヤ式エアフローセンサ21と、吸気通路20を絞る蝶弁からなるスロットル弁22と、サージタンク23とが配設されている。前記スロットル弁22は、図外のアクセルペダルに対し機械的には連結されておらず、弁軸が電動モータにより回転されて開閉する電気式のものである。さらに、該スロットル弁22の開度を検出するスロットル開度センサ24と、該スロットル弁22よりも下流の吸気の圧力状態を検出するための吸気圧センサ25とが設けられている。

【0043】また、前記サージタンク23よりも下流側の吸気通路20は、気筒2毎に分岐する独立通路とされていて、その各独立通路の下流端部がさらに2つに分岐してそれぞれ吸気ポート8、8に連通している。この分岐路のうち的一方にはスワール制御弁26が設けられており、該スワール制御弁26が閉じられると、吸気は殆どが他方の分岐路から燃焼室6に流入するようになり、このことで、燃焼室6に強いスワールが生成される。一方、スワール制御弁26が開かれると、両方の分岐路から吸気が吸い込まれるようになり、これにより、吸気のタンブル成分が強まるとともに、スワール成分が弱まるようになる。

【0044】一方、エンジン1の他側面（図の右側の側面）には、燃焼室6から既燃ガスを排出する排気通路28が接続されている。この排気通路28の上流端部は、各気筒2毎に分岐して排気ポート14に連通する排気マニホールド29からなり、該排気マニホールド29の下流端は1つに集合して、この集合部に排気中の酸素濃度を検出する第1酸素濃度センサ30が配設されている。この第1酸素濃度センサ30は、その出力が理論空燃比を境

にステップ状に反転するいわゆる $\lambda$  O<sub>2</sub>センサからなる。また、排気マニホールド29の集合部には、排気管31の上流端が接続されており、一方、この排気管31の下流端には、三元触媒32とリーンNO<sub>x</sub>触媒34（NO<sub>x</sub>吸収タイプの触媒）とが接続され、さらに、該両触媒32、34の間の排気通路28に、前記第1酸素濃度センサ30と同じく $\lambda$  O<sub>2</sub>センサからなる第2酸素濃度センサ33が配設されている。

【0045】そして、前記排気管31の上流側には、排気通路28を流れる排気の一部を吸気系に還流させるEGR通路35の上流端が分岐接続されており、このEGR通路35の下流端は前記スロットル弁22とサージタンク23との間の吸気通路20に接続され、その近傍には、電動モータにより開度が調節される電気式のEGR弁36が配設されている。

【0046】前記上流側の三元触媒32は、詳しくは図示しないが、コーゼライト製のハニカム状担体の壁面上に内側触媒層と外側触媒層との2層の触媒層を形成したもので、その内側触媒層には、例えばアルミナ及びセリアをサポート材としてパラジウムPd等の貴金属が担持されている一方、外側触媒層には、白金やロジウムがセリアをサポート材として担持されている。ここで、セリア（CeO<sub>2</sub>）は、セリウム原子Ceの価数が3価～4価の間で変化することによって結晶格子が変化し、これに伴い酸素を吸収又は放出するという酸素吸収材としての機能を有するものであり、従来から、排気中の酸素濃度の変動を緩和し、触媒の作用を改善するために用いられているものである。

【0047】また、前記下流側のリーンNO<sub>x</sub>触媒34は、排気中の酸素濃度が高い酸素過剰雰囲気（例えば酸素濃度が4%以上の状態）で排気中のNO<sub>x</sub>を吸収する一方、酸素濃度が例えば1～2%未満になると、吸収したNO<sub>x</sub>を放出しかつ還元浄化するNO<sub>x</sub>吸収還元型のものである。この触媒34も前記三元触媒32と同様の2層構造のものであり、内側触媒層には、白金とNO<sub>x</sub>吸収材であるバリウムとがアルミナ及びセリアをサポート材として担持されている一方、外側触媒層には、白金及びロジウムとバリウムとがゼオライトをサポート材として担持されている。

【0048】前記リーンNO<sub>x</sub>触媒34によるNO<sub>x</sub>の浄化性能は、例えば図3に示すような温度依存性を有する。即ち、リーンNO<sub>x</sub>触媒34はその温度状態が200℃以下のときには未活性で、NO<sub>x</sub>浄化性能が低い、温度上昇とともにNO<sub>x</sub>浄化性能が高まり、約250～400℃くらいの範囲において十分に高い浄化性能が得られる。そして、酸素過剰雰囲気であれば、図に実線で示すように、温度状態が400℃以上になると、NO<sub>x</sub>浄化性能は再び低下する。一方、排気が略理論空燃比に対応する状態であれば、リーンNO<sub>x</sub>触媒34は三元触媒32と同様の作用を有し、図に破線で示す

ように、約250℃以上の温度状態において極めて高いNO<sub>x</sub>浄化性能を発揮する。

【0049】前記の如き2つの触媒32、34の配置構成により、エンジン1が理論空燃比近傍で運転されるときには、該両触媒32、34が三元浄化機能を発揮し、排気中のHC、CO及びNO<sub>x</sub>が反応して、略完全に浄化される。一方、エンジン1が空燃比のリーンな状態で運転されるときには、前記両触媒32、34により排気中のHC及びCOが浄化されるとともに、排気中のNO<sub>x</sub>はリーンNO<sub>x</sub>触媒34により吸収されて、除去される。

【0050】前記点火回路10、インジェクタ12、スロットル弁22のモータ、スワール制御弁26のアクチュエータ、EGR弁36のアクチュエータ等はコントロールユニット40（以下、ECUという）によって作動制御される。一方、このECU40には、少なくとも、前記クランク角センサ8、水温センサ9、エアフローセンサ21、スロットル開度センサ24、吸気圧センサ25及び酸素濃度センサ30、33の各出力信号が入力され、加えて、アクセルペダルの開度を検出するアクセル開度センサ37の出力信号と、図示しないが、吸気温度を検出する吸気温センサ、大気圧を検出する大気圧センサ等の各出力信号とが入力される。

【0051】（エンジン制御の概要）前記ECU40は、エンジン出力に係る制御パラメータとして、インジェクタ12による燃料噴射量及び噴射時期、スロットル弁22により調節される吸入空気量、スワール制御弁26により調節される吸気スワール強さ、EGR弁36により調節される排気の還流割合等をそれぞれエンジン1の運転状態に応じて制御するものである。そして、エンジン1は、暖機後であれば、その運転状態に応じてインジェクタ12による燃料噴射形態が切替えられて、成層燃焼状態と均一燃焼状態とのいずれかで運転されるようになっている。

【0052】具体的には、図4にエンジン暖機後の制御マップの一例を示すように、エンジン負荷とエンジン回転速度とにより規定されるエンジン1の全運転領域のうち、低回転低負荷側には成層燃焼領域（イ）（第1設定領域）が設定されている。すなわち、エンジン負荷として例えばエアフローセンサ21の出力値及びエンジン回転速度等から求められる正味平均有効圧を用い、全負荷の半分くらいまでの負荷状態であり、かつエンジン回転速度が許容最高回転速度の約1/2以下であれば、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にあると判定する。

【0053】そして、その成層燃焼領域（イ）では、図5(a)に模式的に示すように、インジェクタ12により気筒2の圧縮行程中期以降、即ち例えば図に矢印で示すBTDC120°CA～BTDC35°CAのクランク角期間において燃料を一括して噴射させて、点火プラグ11の近傍に混合気が偏在する成層状態で燃焼させる成層燃焼状態と

する。尚、同図に仮想線で示すように、燃料の一部は前記クランク角期間よりも以前の吸気又は圧縮行程中に噴射させるようにしてもよい。

【0054】一方、前記成層燃焼領域（イ）よりも高回転ないし高負荷側の領域（ロ）（ハ）（ニ）は、いずれも均一燃焼領域とされており、図5(b),(c)に示すように、インジェクタ12により気筒2の吸気行程で燃料を噴射させて吸気と十分に混合し、燃焼室6に均一な混合気を形成した上で燃焼させる均一燃焼状態になる。詳しくは、前記成層燃焼領域（イ）の高負荷ないし高回転側に隣接する $\lambda = 1$ 領域（ロ）（第2設定領域）では、燃焼室6における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比が略理論空燃比（ $A/F \approx 14.7$ ）になるように、インジェクタ12による燃料噴射量を、第1酸素濃度センサ30からの信号に基づいてフィードバック補正するようにしている。

【0055】また、前記 $\lambda = 1$ 領域（ロ）の高回転側に隣接する均一リーン領域（ハ）（第3設定領域）では、吸気量に対する燃料噴射量の割合を $\lambda = 1$ 領域（ロ）に比べて相対的に少なくし、筒内空燃比を例えば $A/F = 18 \sim 20$ くらいにすることで、エンジン1の高速運転時の燃費率を改善するようにしている。さらに、前記 $\lambda = 1$ 領域（ロ）又は均一リーン領域（ハ）の高回転ないし高負荷側に隣接するエンリッチ領域（ニ）では、吸気量に対する燃料噴射量の割合を $\lambda = 1$ 領域（ロ）に比べて相対的に多くし、筒内空燃比を例えば $A/F = 12 \sim 13$ くらいにすることで、高負荷に対応した大出力を得るようにしている。

【0056】さらに、前記したような基本的な制御に加えて、この実施形態では、リーン $\text{NO}_x$ 触媒34が、 $\text{NO}_x$ 吸収性能の低下する所定の硫黄被毒状態であるときやエンジン1が所定の加速運転状態のときには、該エンジン1が前記成層燃焼領域（イ）や均一リーン領域（ハ）にあっても、前記と同様に筒内空燃比をリッチ化させるようにしている。

【0057】また、スロットル弁22の制御としては、基本的にはアクセル開度とエンジン回転速度とに基づいて、所要のトルク特性が得られるようにスロットル開度を調節するのであるが、具体的には、エンジン1を成層燃焼状態とするときには、ポンプ損失を低減するためにスロットル弁22を相対的に大きく開くようにしており、このときの筒内空燃比は例えば $A/F = \text{約 } 30 \sim 140$ と極めてリーンな状態になる。また、エンジン1が均一燃焼状態のときには、スロットル弁22の開度は相対的に小さくなるように制御される。

【0058】尚、図示しないが、エンジン1が前記成層燃焼領域（イ）にあるとき、又は $\lambda = 1$ 領域（ロ）のうちの相対的に低回転低負荷側にあるときには、EGR弁36を開いて、EGR通路35により排気の一部を吸気通路20に還流させるようにしている。また、燃料の気

化霧化し難い未暖機状態では、燃焼安定性を確保するためにエンジン1を全ての運転領域において均一燃焼状態とさせるようにしている。

【0059】前記のようなインジェクタ12及びスロットル弁22の作動制御は、いずれもECU40のROMに電子的に格納された制御プログラムがCPUにより実行されることで、実現される。すなわち、前記したインジェクタ12の作動制御の手順により、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にあるときに、インジェクタ12により燃料を気筒2の圧縮行程で噴射させる一方、 $\lambda = 1$ 領域（ロ）や均一リーン領域（ハ）では、燃料を気筒2の吸気行程で噴射させる燃料噴射制御部40aがソフトウェア的に構成されている。

【0060】また、前記スロットル弁22の制御手順により、エンジン1の負荷状態と回転速度とに基づいて、気筒2への吸入空気量を制御する吸入空気量制御部40bがソフトウェア的に構成されている。そして、前記燃料噴射制御部40a及び吸入空気量制御部40bにより、エンジン1の筒内空燃比を、該エンジン1が成層燃焼領域（イ）又は均一リーン領域（ハ）にあるときに理論空燃比よりもリーンになるように、また、 $\lambda = 1$ 領域（ロ）では略理論空燃比になるように、切替えて制御する空燃比制御手段が構成されている。

【0061】（空燃比制御の手順）前記したECU40による制御によれば、エンジン1が $\lambda = 1$ 領域（ロ）にあるときには、各気筒2の筒内空燃比が略理論空燃比になるように、インジェクタ12による燃料噴射量のフィードバック制御が行われ、各気筒2毎の筒内空燃比は理論空燃比を含む所定範囲においてリッチ側及びリーン側に周期的に変化するようになる。これは、前記三元触媒32やリーン $\text{NO}_x$ 触媒34が図6に実線で示すような排気浄化特性を有し、排気の空燃比状態が理論空燃比近傍の所定空燃比範囲にあるときに、排気中のHC、CO及び $\text{NO}_x$ を同時に且つ極めて効果的に浄化するものだからである。

【0062】ところで、上述したように、この実施形態の触媒32、34には、酸素吸収材であるセリアが含有されており、エンジン1が低回転低負荷側の成層燃焼領域（イ）にあるときや高回転側の均一リーン領域（ハ）にあるときには、排気中の過剰な酸素がセリアに吸収されて、このセリアの酸素吸収量が増大する。そして、エンジン1が前記成層燃焼領域（イ）等から $\lambda = 1$ 領域（ロ）やエンリッチ領域（ハ）に移行すると、セリアから酸素が放出されることになるので、その直後は、筒内空燃比を前記のように理論空燃比になるようにフィードバック制御して、排気の状態を略理論空燃比に対応するものとしても、触媒32、34の付近は局所的にリーンになるから、該触媒32、34の三元浄化機能が十分に発揮されなくなる虞れがある。

【0063】言い換えると、エンジン1が筒内空燃比の

リーンな運転領域（イ）（ハ）から $\lambda = 1$ 領域（ロ）に移行したときに、触媒32, 34から酸素が放出されることを考慮すれば、このときのエンジン1の燃焼室6の平均的空燃比とHC、CO等の浄化率との関係は、前記図6に破線で示すように見かけ上、リッチ側にずれることになるのである。このことは、特に、成層燃焼領域（イ）において各気筒2の筒内空燃比が極めてリーンになり、排気中の酸素濃度が高くなることから、この成層燃焼領域（イ）からの移行時において問題となる。

【0064】これに対し、この実施形態では、エンジン1が成層燃焼領域（イ）から $\lambda = 1$ 領域（ロ）に移行したとき、それから所定期間は、各気筒2の筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになるように、燃料噴射量をフィードフォワード制御するようにしたものである。

【0065】以下に、ECU40による空燃比の切替え制御の手順について、具体的に図7及び図8のフローチャート図に沿って説明する。

【0066】まず、前記図7に示すスタート後のステップSA1において、クランク角センサ8、エアフローセンサ21、アクセル開度センサ37等の各種センサ信号を入力するとともに、ECU40のメモリから各種データを読み込む。続いて、ステップSA2において、リーンNOx触媒34が所定の硫黄被毒状態であることを示す硫黄被毒フラグFsがセットされているかどうか判定し、この判定がYESで硫黄被毒フラグFsがセットされていれば（Fs=1）、ステップSA9に進む一方、判定がNOであれば、ステップSA3に進む。

【0067】続いて、ステップSA3において、エンジン1の負荷状態とエンジン回転速度とに基づいて、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にあるかどうか判定する。そして、エンジン1が成層燃焼領域（イ）でないNOならば、図8に示すステップSA14に進む一方、判定がYESで、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にあれば、ステップSA4に進み、インジェクタ12により燃料を、成層燃焼状態になるように気筒2の圧縮行程で噴射させる（成層圧縮行程噴射制御）。続いて、ステップSA5において、成層燃焼状態に対応する通常の点火時期制御（成層Ig制御）を行う。

【0068】続いて、ステップSA6において、リーンNOx触媒34の硫黄被毒状態の推定を行う。この推定は、例えば、後述の如く触媒34からの硫黄成分の脱離を促す制御を最後に行ってから走行距離と、その間に消費した燃料の総量とに基づいて、現在の硫黄成分の吸着量を求めるようにすればよい。そして、続くステップSA7において、前記硫黄成分の吸着量を予め設定した基準値（設定量）と比較することで、リーンNOx触媒34が、NOx吸収性能の低下する所定の被毒状態になっているかどうか判定する。この判定がYESであれば、ステップSA8において硫黄被毒フラグFsをセットして、また、判定がNOならばそのまま、リターン

する。

【0069】また、前記のような硫黄被毒状態の推定結果に基づいて硫黄被毒フラグFsがセットされれば、次回以降の制御サイクルでは前記ステップSA2においてYESと判定してステップSA9に進むようになり、このステップSA9において、エンジン1の筒内空燃比が略理論空燃比でないしそれよりもリッチになるように、気筒2の吸気行程で燃料を噴射させる（ $\lambda \leq 1$ 吸気行程噴射制御）。そして、この筒内空燃比のリッチ化に伴うトルク変動を抑えるために、ステップSA10において点火時期を遅角側に補正する（Igリタード）。

【0070】続いて、ステップSA11において、全気筒内空燃比のリッチ化によるリーンNOx触媒34の黄被毒からの再生状態を推定し、続くステップSA12において、リーンNOx触媒34から硫黄が脱離して、NOx吸収性能の高い状態に戻ったと判定すれば（再生完了）、ステップSA13に進んで、硫黄被毒フラグFsをクリアし（Fs←0）、しかる後にリターンする。

【0071】つまり、リーンNOx触媒34が硫黄被毒状態であると判定したときには、エンジン1の運転状態に拘わらず筒内空燃比をリッチ化補正して、該触媒34からの硫黄成分の脱離を促進するようにしており、このことで、リーンNOx触媒34による排気中のNOx浄化性能を安定的に維持することができる。

【0072】一方、前記ステップSA3において、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にないと判定して、図8に示すステップSA14に進んだときには、このステップSA14において、エンジン1が成層燃焼領域（イ）から $\lambda = 1$ 領域（ロ）への移行状態かどうか判定する。この判定がNOならば、ステップSA20に進む一方、判定がYESならばステップSA15に進み、筒内空燃比を所定期間だけ理論空燃比よりもややリッチ側に補正するために、この所定期間に対応する時間の経過を計測する移行A/FタイマTA/Fをセットする。続いて、ステップSA16において、全気筒内空燃比のリッチ化に伴うトルク変動を緩和するためにIgリタードを行う時間の経過を計測する移行IgタイマTIgをセットする。

【0073】続いて、ステップSA17において、エンジン1の筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになるように、気筒2の吸気行程で燃料を噴射させる（ $\lambda < 1$ 吸気行程噴射制御）。続いて、ステップSA18では、前記移行Igタイマがセットされているかどうか判定し、ここではタイマセットされているから、YESと判定してステップSA19に進んで、点火時期を遅角側に補正して（Igリタード）、その後、前記ステップSA6へリターンする。

【0074】つまり、エンジン1が成層燃焼領域（イ）から $\lambda = 1$ 領域（ロ）に移行してから暫くの間は、筒内空燃比のリッチ化補正によって、排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態よりもリッチにさせる。そのこ

とにより、触媒32、34からの酸素の放出に起因する悪影響が解消されるとともに、リーン $\text{NO}_x$ 触媒34からの $\text{NO}_x$ の放出及び還元浄化が促進される。

【0075】また、前記ステップSA14において、エンジン1の $\lambda=1$ 領域(ロ)への移行状態でない $\text{NO}$ と判定して進んだステップSA20では、今度は、エンジン1が $\lambda=1$ 領域(ロ)にあるかどうか判定し、この判定が $\text{NO}$ ならば、ステップSA24に進む一方、判定がYESならばステップSA21に進み、前記した移行A/Fタイムがセットされているかどうか判定する。この判定がYESで、タイムセット中ならば、筒内空燃比をリッチ化補正する期間であるから、前記ステップSA17に進む一方、タイマカウントが終了してれば(判定が $\text{NO}$ )、ステップSA22に進み、筒内空燃比が略理論空燃比になるように、インジェクタ12により燃料を各気筒2の吸気行程で噴射させる( $\lambda=1$ 吸気行程噴射制御)。続いて、ステップSA23において、略理論空燃比の均一燃焼状態に対応する通常の点火時期制御を行い( $\lambda=1$ Ig制御)、その後、前記ステップSA6に進む。

【0076】さらに、前記ステップSA20において、エンジン1は $\lambda=1$ 領域(ロ)にない $\text{NO}$ と判定して進んだステップSA24では、今度は、エンジン1が均一リーン領域(ハ)にあるかどうか判定する。この判定がYESであれば、続くステップSA25において、アクセル開度やエンジン回転速度の変化状態に基づいて、エンジン1が加速運転状態かどうか判定する。そして、この判定が $\text{NO}$ で、エンジン1が加速運転状態になれば、続くステップSA26において、筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになるように気筒2の吸気行程で燃料を噴射させ( $\lambda>1$ 吸気行程噴射制御)、続くステップSA27において筒内空燃比がリーンな均一燃焼状態に対応する通常の点火時期制御を行って( $\lambda>1$ Ig制御)、その後、前記ステップSA6に進む。

【0077】一方、エンジン1が前記均一リーン領域(ハ)にない(ステップSA24で $\text{NO}$ )、即ちエンリッチ領域(ニ)にあるか、或いは加速運転状態(ステップSA25でYES)のときには、ステップSA28に進んで、筒内空燃比が理論空燃比よりもリッチになるように気筒2の吸気行程で燃料を噴射させ( $\lambda<1$ 吸気行程噴射制御)、続くステップSA29において空燃比がリッチな均一燃焼状態に対応する通常の点火時期制御を行い( $\lambda<1$ Ig制御)、その後、前記ステップSA6に進む。

【0078】つまり、エンジン1が加速運転状態でなければ、このエンジン1の運転状態に応じて筒内空燃比を略理論空燃比か或いはそれよりもリーン又はリッチのいずれかに切替えて制御する一方、エンジン1が加速運転状態のときには、たとえ前記均一リーン領域(ハ)にあっても、筒内空燃比をリッチになるように補正すること

で、加速運転に対応する十分な出力を得られるようにしている。

【0079】前記図7に示すフローのステップSA4及び図8に示すフローのステップSA22、26が、エンジン1が成層燃焼領域(イ)にあるときに、インジェクタ12により燃料を気筒2の圧縮行程で噴射させる一方、エンジン1が $\lambda=1$ 領域(ロ)や均一リーン領域(ハ)等にあるときに、燃料を気筒2の吸気行程で噴射させる燃料噴射制御部40aに対応している。

【0080】また、ステップSA6~SA8により、リーン $\text{NO}_x$ 触媒34が $\text{NO}_x$ 吸収性能の低下する所定の硫黄被毒状態であることを判定する硫黄被毒判定手段40cが構成されている。そして、ステップSA9により、エンジン1が $\lambda=1$ 領域(ロ)にあっても、前記硫黄被毒判定手段40cによる判定時にはリーン $\text{NO}_x$ 触媒34からの硫黄の脱離を促進するために、筒内空燃比をリッチ化補正する空燃比制御手段の補正制御部40dが構成されており、この補正制御部40dは、ステップSA25からステップSA28へと進む制御手順により、エンジン1が加速運転状態のときにも、筒内空燃比をリッチ化補正するようになっている。

【0081】さらに、ステップSA14により、エンジン1が成層燃焼領域(イ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)へ移行したことを判定する移行判定手段40eが構成されている。そして、ステップSA15~SA17によって、前記移行判定手段40eによりエンジン1の成層燃焼領域(イ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)への移行が判定されたとき、少なくとも排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるように、インジェクタ12による燃料噴射量を増量させて、筒内空燃比をリッチ化補正する排気空燃比状態補正手段40fが構成されており、この排気空燃比状態補正手段40fは、エンジン1が均一リーン領域(ハ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したときには、前記リッチ化補正を行わないように構成されている。

【0082】さらにまた、ステップSA19により、前記排気空燃比状態補正手段40dによってリッチ化補正が行われるとき、気筒2の点火時期を遅角側に補正する点火時期補正手段40gが構成されている。

【0083】したがって、この実施形態に係る火花点火式エンジンの燃料制御装置Aによれば、まず、エンジン1が常用される低回転低負荷側の広い運転領域(イ)において筒内空燃比の極めてリーンな成層燃焼状態とされるときに、相対的に高回転高負荷側の均一リーン領域(ハ)において筒内空燃比のリーンな均一燃焼状態とされることで、燃費率の大幅な低減が図られる。この際、排気は理論空燃比に対応する状態よりもリーン、即ち酸素濃度の高い状態になり、この排気中の $\text{NO}_x$ がリーン $\text{NO}_x$ 触媒34により吸収されて、除去されるとともに、排気中の酸素の一部は三元触媒32及びリーン $\text{NO}$

x触媒34のセリアに吸収される。

【0084】そして、例えば、エンジン1が前記成層燃焼領域(イ)にあるときに、運転者によりアクセルペダルが踏み込まれて、図9に白い矢印で示すように、エンジン1が成層燃焼領域(イ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行すると、このエンジン1の燃焼状態が成層燃焼から均一燃焼に切り換えられるとともに、各気筒2のインジェクタ12による燃料噴射量が増量補正される。これにより、図10に模式的に示すように、筒内空燃比は極めてリーンな状態(例えば、 $A/F=30\sim140$ )から理論空燃比よりもリッチな状態(例えば、 $A/F=12\sim13$ )に変化する( $t=t1$ )。

【0085】これにより、排気空燃比状態は理論空燃比に対応する状態よりもリッチ、即ち酸素濃度の低い状態になるので、触媒32, 34のセリアから酸素が放出されても、この触媒32, 34の付近の局所的な排気空燃比状態は略理論空燃比に対応する状態か或いはそれよりもリッチな状態になり、よって、触媒32, 34による排気浄化性能を十分に確保しながら、さらに、下流側のリーン $\text{NO}_x$ 触媒34へ適量のHC、COを供給して、該触媒34からの $\text{NO}_x$ の放出や還元浄化を十分に促進することができる。

【0086】この際、前記のような筒内空燃比のリッチ化補正に伴い、排気中のHCやCOが増大し、このHCやCOが触媒32, 34から放出される酸素と反応して、該触媒32, 34の温度状態を上昇させることになるが、元々、成層燃焼領域(イ)では触媒32, 34の温度状態は比較的、低い状態に維持されているので、前記のように温度が上昇してても、触媒32, 34の過熱により信頼性が損なわれることはない。

【0087】また、前記した筒内空燃比のリッチ化補正とともに、点火時期を遅角側へ補正するようにしているので、燃料噴射量の増量に伴うエンジントルクの増大を打ち消して、トルク変動を緩和することができる。特に、運転者がアクセルペダルを踏み込んだときには、小さなトルク変動によって違和感を感じることはない。

【0088】一方、エンジン1が前記均一リーン領域(ハ)にあるときには、各気筒2の筒内空燃比は成層燃焼領域(イ)に比べればリッチ側の値(例えば、 $A/F=20$ くらい)になるように制御されるので、このときには排気中の酸素濃度は相対的に低くなる。しかも、均一リーン領域(ハ)では相対的に排気流速が高いことから、元々、触媒32, 34のセリアにおける酸素の吸収量は、前記成層燃焼領域(イ)に比べれば、遙かに少ない。一方で、均一リーン領域(ハ)においては成層燃焼領域(イ)に比べて排気の温度状態が高い上に、排気流量が多いので、触媒32, 34の温度は相対的に高くなる。

【0089】そこで、例えば、エンジン1が前記均一リーン領域(ハ)にあるときに、運転者がアクセルペダル

を緩めて、図9に黒い矢印で示すように、エンジン1が $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したとき、この実施形態では前記した筒内空燃比のリッチ化補正は行わず、図10に破線で示すように、直ちに $\lambda=1$ 領域(ロ)における通常のフィードバック制御を開始するようにしている。

【0090】このことで、触媒32, 34の温度状態が相対的に高くても、 $\lambda=1$ 領域(ロ)への移行時にリッチ化補正に起因して、該触媒32, 34が過熱することを確実に防止することができ、このことで、三元触媒32及びリーン $\text{NO}_x$ 34の信頼性を確保しつつ、該リーン $\text{NO}_x$ 34を $\text{NO}_x$ 浄化性能の高い適切な温度状態に維持することができる。また、空燃比のリッチ化に伴うトルク変動が起らないので、運転者が違和感を感じることもない。

【0091】尚、前記したように、均一リーン領域(ハ)では触媒32, 34における酸素の吸収量はあまり多くはならないことから、この均一リーン領域(ハ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)への移行時には筒内空燃比のリッチ化補正を行わなくても、殆ど不具合は起きない。

【0092】(実施形態2)図11及び図12は、本発明の実施形態2に係る燃料制御装置Aにおける空燃比制御の手順を示し、この実施形態2では、前記した実施形態1と同様に、エンジン1が成層燃焼領域(イ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したときに筒内空燃比をリッチ化補正する一方、エンジン1が均一リーン領域(ハ)から $\lambda=1$ 領域(ロ)に移行したときには、このときのリーン $\text{NO}_x$ 触媒34における $\text{NO}_x$ 吸収量が多いときのみ、リッチ化補正を行うようにしている。

【0093】尚、この実施形態2に係る燃料制御装置Aの全体構成は前記実施形態1のもの(図2参照)と同じなので、実施形態1と同じ構成要素については同一符号を付して、その説明は省略する。

【0094】具体的に、前記図11のフローでは、ステップSB3において前記実施形態1のステップSA2と同じく、エンジン1が成層燃焼領域(イ)にあるかどうか判定する。そして、成層燃焼領域(イ)であれば、ステップSB3, SB4において前記実施形態1と同じく、成層圧縮行程噴射制御と通常のIg制御とを行う一方、成層燃焼領域(イ)でなければ、ステップSB5に進んで、今度は、エンジン1が均一リーン領域(ハ)にあるかどうか判定し、この判定がNOならば図12に示すステップSB11に進む一方、均一リーン領域(ハ)でYESであれば、ステップSB6, SB7において前記実施形態1と同じく、 $\lambda>1$ 吸気行程噴射制御と通常のIg制御とを行う。

【0095】そして、前記ステップSB4ないしステップSB7に続くステップSB8において、リーン $\text{NO}_x$ 触媒34における $\text{NO}_x$ 吸収量の推定演算を行う。この推定演算は、例えば車両の走行距離とその間の燃料の総噴射量とを積算し、その積算値に基づいて行うようにす

ればよい。或いは、エンジン1の運転時間とその間の燃料の総噴射量とを積算し、さらにエンジン1の運転状態に基づいてその積算値を修正して、この修正後の積算値に基づいて、NO<sub>x</sub>吸収量を推定するようにしてもよい。

【0096】続いて、ステップSB9において、前記NO<sub>x</sub>吸収量の推定量を予め設定した基準値（設定量）と比較して、推定NO<sub>x</sub>吸収量が設定量以上になれば、エンジン1の運転領域の移行時にNO<sub>x</sub>パージを行うことを示すNO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>をセットし（F<sub>nox</sub>←1）、しかる後にリターンする。

【0097】つまり、エンジン1が筒内空燃比のリーンな領域（イ）（ハ）のいずれかで運転されているときには、リーンNO<sub>x</sub>触媒34におけるNO<sub>x</sub>吸収量を推定して、この推定値が設定量以上に多くなれば、エンジン1の燃焼状態の切替え時に触媒34のNO<sub>x</sub>パージを行うべく、NO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>をセットする。

【0098】そして、図12のフローのステップSB11～SB16に示すように、エンジン1が成層燃焼領域（イ）からλ＝1領域（ロ）へ移行したと判定されたときには、前記実施形態1の空燃比制御フローのステップSA14～SA19と同様に筒内空燃比のリッチ化補正を行う。また、ステップSB17においてエンジン1が均一リーン領域（ハ）からλ＝1領域（ロ）へ移行したと判定されたときには、続くステップSB18においてNO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>がセットされているかどうか判定し、この判定がYESならば、前記ステップSB12～SB16に進んで、筒内空燃比のリッチ化補正を行う。

【0099】一方、エンジン1が均一リーン領域（ハ）からλ＝1領域（ロ）へ移行したときであっても、NO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>がセットされていなければ（ステップSB18でNO）、そのときには、ステップSB19～SB24に進み、前記実施形態1と同様の空燃比制御を行うようにする。

【0100】つまり、この実施形態2では、エンジン1が成層燃焼領域（イ）からλ＝1領域（ロ）に移行したときには所定期間、筒内空燃比のリッチ化補正を行う一方、均一リーン領域（ハ）からλ＝1領域（ロ）へ移行したときには、NO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>がセットされているときにのみ、所定期間、リッチ化補正を行うようにしている。

【0101】前記図11に示すフローのステップSB3、SB6及び図12に示すフローのステップSB21、23が燃料噴射制御部40aに対応している。また、ステップSB8、SB9により、リーンNO<sub>x</sub>触媒34におけるNO<sub>x</sub>吸収量が設定量以上になったことを判定するNO<sub>x</sub>吸収状態判定手段40hが構成されている。

【0102】さらに、ステップSB11、SB17によ

り、エンジン1が成層燃焼領域（イ）又は均一リーン領域（ハ）のいずれか一方からλ＝1領域（ロ）へ移行したことを判定する移行判定手段40eが構成されている。

【0103】そして、ステップSB14により、エンジン1の成層燃焼領域（イ）からλ＝1領域（ロ）への移行が判定されたときに、排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態よりもリッチになるように、インジェクタ12による燃料噴射量を増量させて、筒内空燃比をリッチ化補正する一方、エンジン1の均一リーン領域

（ハ）からλ＝1領域（ロ）への移行が判定されたときには、前記NO<sub>x</sub>吸収状態判定手段40hによる判定時にのみ、前記リッチ化補正を行う排気空燃比状態補正手段40fが構成されている。

【0104】したがって、この実施形態2に係る排気浄化装置Aによれば、エンジン1が、触媒32、34の温度状態の低い成層燃焼領域（イ）からλ＝1領域（ロ）に移行したときには、前記実施形態1と同様に筒内空燃比をリッチ化補正することにより、該触媒32、34による排気浄化性能を確保しながら、下流側のリーンNO<sub>x</sub>触媒34のNO<sub>x</sub>パージを十分に促進することができる。

【0105】また、エンジン1が触媒32、34の温度状態の高い均一リーン領域（ハ）からλ＝1領域（ロ）に移行したときには、基本的には前記した筒内空燃比のリッチ化補正を行わず、該触媒32、34の温度上昇を抑制することにより、特にリーンNO<sub>x</sub>触媒34によるNO<sub>x</sub>浄化性能を確保することができる。

【0106】しかも、この際、NO<sub>x</sub>パージフラグF<sub>nox</sub>がセットされていて、リーンNO<sub>x</sub>触媒34によるNO<sub>x</sub>吸収性能の低下が懸念される状態であれば、このときにはリッチ化補正を行って、該リーンNO<sub>x</sub>触媒34のNO<sub>x</sub>パージを行うことにより、NO<sub>x</sub>浄化性能の低下を防止することができる。

【0107】つまり、この実施形態2では、エンジン1が筒内空燃比のリーンな運転状態から略理論空燃比の運転状態に移行したときに、触媒32、34の温度状態による浄化性能の変化と、NO<sub>x</sub>吸収量の増大に伴う浄化性能の低下とを比較考量して、触媒32、34による排気浄化性能を最大限に高く維持できるように、筒内空燃比の補正制御を行うようにしたものである。

【0108】（他の実施形態）尚、本発明の構成は、前記実施形態1、2に限定されるものではなく、その他の種々の構成をも包含するものである。すなわち、前記実施形態1、2では、いずれも、インジェクタ12による通常の燃料噴射量を増量して、各気筒2の筒内空燃比をリッチ化させることにより、排気空燃比状態をリッチ化させるようにしているが、これに限らず、インジェクタ12により燃料を気筒2の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させることによって、排気空燃比状態をリッ



チ化させるようにしてもよい。このようにすれば、エンジン1の出力トルクの変動を抑えながら、排気空燃比状態を確実にリッチ化することができる。

【0109】また、前記各実施形態では、エンジン1の排気通路28において上流側に三元触媒32を、その下流側にリーンNO<sub>x</sub>触媒34を配置しているが、これに限るものではなく、上流側にリーンNO<sub>x</sub>触媒を配置し、その下流側に三元触媒を配置するようにしてもよい。或いは、三元触媒又はリーンNO<sub>x</sub>触媒のいずれか一方のみを配置するようにしてもよい。また、リーンNO<sub>x</sub>触媒34としては、前記実施形態のようなNO<sub>x</sub>吸収還元型のものに限らず、NO<sub>x</sub>吸収材を有するNO<sub>x</sub>吸収タイプのものであればよい。

【0110】また、前記各実施形態では、本発明に係る排気浄化装置を直噴式エンジン1の排気浄化装置Aとして用いているが、これに限るものではない。すなわち、本発明は、エンジンの吸気ポートに燃料を噴射するようにインジェクタを配設したいわゆるポート噴射式エンジンにおいて、該エンジンの低回転低負荷側に空燃比がリーンなリーンバーン領域を設定し、この領域内で空燃比A/F=18~24くらいで均一燃焼状態でのリーンバーン運転を行うようにしたのものにも適用可能である。

【0111】さらに、前記各実施形態において、エンジン1の運転中にリーンNO<sub>x</sub>触媒34におけるNO<sub>x</sub>吸収量を推定し、この推定NO<sub>x</sub>吸収量が所定量以上になったときには、エンジン1の運転状態に拘わらず排気空燃比状態をリッチ化させて、触媒34のNO<sub>x</sub>パージを促進するようにしてもよい（以下、強制的なNO<sub>x</sub>パージという）。この場合、前記NO<sub>x</sub>吸収量について所定量というのは、前記各実施形態中に記載されている設定量よりも多く、該触媒34におけるNO<sub>x</sub>吸収量の増大によって、そのNO<sub>x</sub>吸収性能が大幅に低下することになる量である。

【0112】そして、そのように強制的なNO<sub>x</sub>パージを行うようにした場合には、前記実施形態1における図8のフローのステップSA14において、エンジン1が成層燃焼領域（イ）からλ=1領域（ロ）への移行状態であるかどうか判定するとともに、前記強制的なNO<sub>x</sub>パージが開始されたかどうか判定し、これらのいずれかの判定結果がYESのときに、次のステップSA15に進んで、排気空燃比状態をリッチ化させるようにすればよい。同様に、前記実施形態2の場合、図12のフローのステップSB11において、前記強制的なNO<sub>x</sub>パージの開始を判定するようにすればよい。

【0113】さらにまた、前記図8のフローのステップSA14又は図12のフローのステップSB11において、エンジン1が加速運転状態になったことも判定して、この判定がYESのときにも、排気空燃比状態をリッチ化させるようにしてもよい。

【0114】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1又は請求項2の発明に係る火花点火式エンジンの燃料制御装置によると、エンジンが相対的に触媒温度の低い第1設定領域から第2設定領域に移行したときや、エンジンが加速運転状態になったとき、或いは触媒のNO<sub>x</sub>パージを促進するとき等に、排気空燃比状態補正手段により、少なくとも排気空燃比状態をリッチになるように補正するリッチ化補正を行うことで、触媒から酸素が放出されても、この触媒の付近の局所的な排気空燃比状態を適切な状態に維持して、該触媒に十分な三元浄化機能を発揮させることができる。一方、エンジンが相対的に触媒温度の高い第3設定領域からλ=1領域に移行したときには、前記リッチ化補正を行わないことにより、触媒の過熱を防止して、その信頼性を確保するとともに、エンジン出力の変動を抑えて、運転者が違和感を感じることを防止できる。

【0115】請求項3の発明によると、空燃比のリッチ化補正に伴うエンジントルクの増大を点火時期の遅角補正により打ち消して、トルク変動を緩和することができる。

【0116】請求項4の発明によると、燃料噴射弁により気筒の膨張行程ないし排気行程で燃料の追加噴射を行わせることで、エンジンの出力トルクの変動を抑えながら、排気空燃比状態を確実にリッチ化させることができる。

【0117】請求項5の発明によると、エンジンが加速運転状態のときに、空燃比制御手段の補正制御部により筒内空燃比をリッチになるように補正することで、加速運転に対応する十分な出力を得ることができる。

【0118】請求項6の発明によると、触媒が所定の硫黄被毒状態になったときに、空燃比制御手段の補正制御部により筒内空燃比をリッチになるように補正して、該触媒からの硫黄の脱離を促進することで、NO<sub>x</sub>吸収タイプの触媒を用いる場合でも、この触媒による排気浄化性能を安定的に維持できる。

【0119】また、請求項7の発明に係る火花点火式エンジンの燃料制御装置によると、NO<sub>x</sub>吸収タイプの触媒を備える場合に、エンジンが相対的に触媒温度の低い第1設定領域から第2設定領域に移行したときには、筒内空燃比のリッチ化補正を行うことで、該触媒の温度状態をNO<sub>x</sub>浄化性能の高い適度な温度範囲にとどめながら、この触媒のNO<sub>x</sub>パージを効率的に行うことができる。一方、エンジンが相対的に触媒温度の高い第3設定領域からλ=1領域に移行したときには、基本的には前記筒内空燃比のリッチ化補正を行わないことで、触媒の温度上昇を抑えることができるとともに、NO<sub>x</sub>吸収量が多くて、浄化性能の低下が懸念されるときにはリッチ化補正を行って、該触媒のNO<sub>x</sub>浄化性能を確保することができる。

【図面の簡単な説明】



【図1】本発明の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係るエンジンの燃料制御装置の全体構成図である。

【図3】触媒の温度状態の変化に対するNO<sub>x</sub>浄化率の変化特性を、酸素過剰雰囲気（実線）と略理論空燃比に対応する状態（破線）とで対比して示す図である。

【図4】エンジンの燃焼領域を設定した制御マップの一例を示す図である。

【図5】インジェクタによる燃料噴射の形態を模式的に示す図である。

【図6】三元触媒やリーンNO<sub>x</sub>吸収触媒によるHC、CO、NO<sub>x</sub>の浄化特性を、エンジンの燃焼室の空燃比に対応付けて示すグラフ図である

【図7】ECUによる空燃比制御の前半の処理手順を示すフローチャート図である。

【図8】ECUによる空燃比制御の後半の処理手順を示すフローチャート図である。

【図9】運転領域の移行を模式的に示す説明図である。

【図10】エンジンが成層燃焼領域又は均一リーン領域から $\lambda = 1$ 領域に移行したときの筒内空燃比の変化を示すタイムチャート図である。

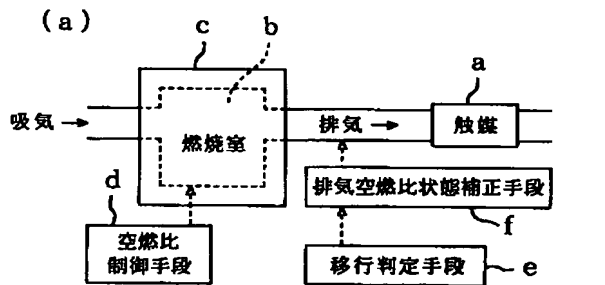
【図11】実施形態2に係る図7相当図である。

【図12】実施形態2に係る図8相当図である。

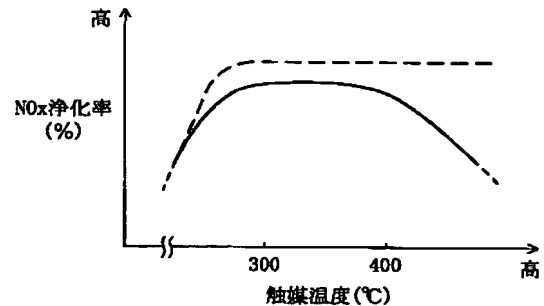
【符号の説明】

- |     |   |
|-----|---|
| A   | 火花点火式エンジンの燃料制御装置                                |
| 1   | エンジン  |
| 2   | 気筒  |
| 6   | 燃焼室   |
| 28  | 排気通路  |
| 34  | リーンNO <sub>x</sub> 触媒（NO <sub>x</sub> 吸収タイプの触媒） |
| 40  | コントロールユニット（ECU）                                 |
| 40a | 燃料噴射制御部（空燃比制御手段）                                |
| 40b | 吸入空気量制御部（空燃比制御手段）                               |
| 40c | 硫黄被毒判定手段  |
| 40d | 筒内空燃比補正制御部（空燃比制御手段の補正制御部）                       |
| 40e | 移行判定手段  |
| 40f | 排気空燃比状態補正手段                                     |
| 40g | 点火時期補正手段  |
| 40h | NO <sub>x</sub> 吸収状態判定手段                        |

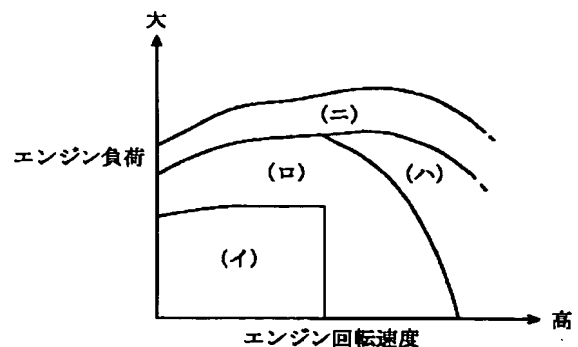
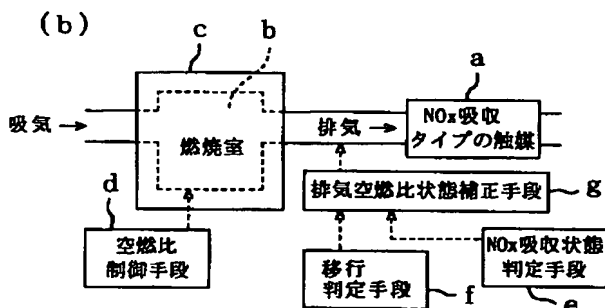
【図1】



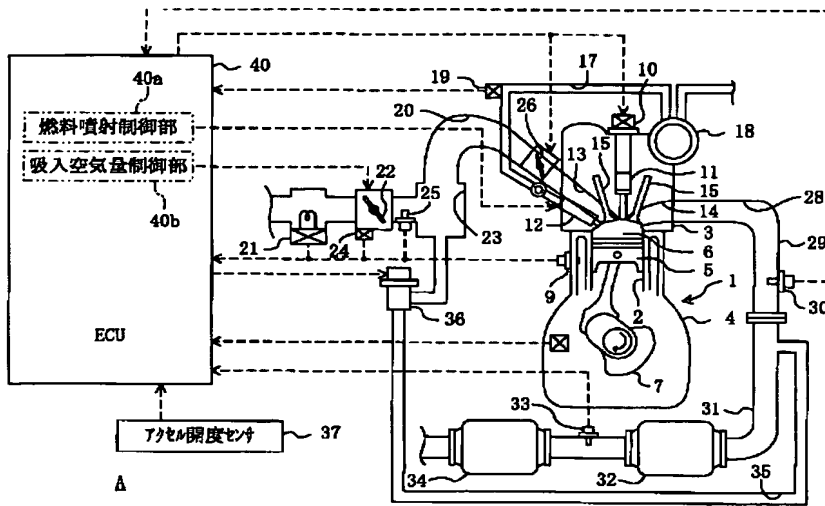
【図3】



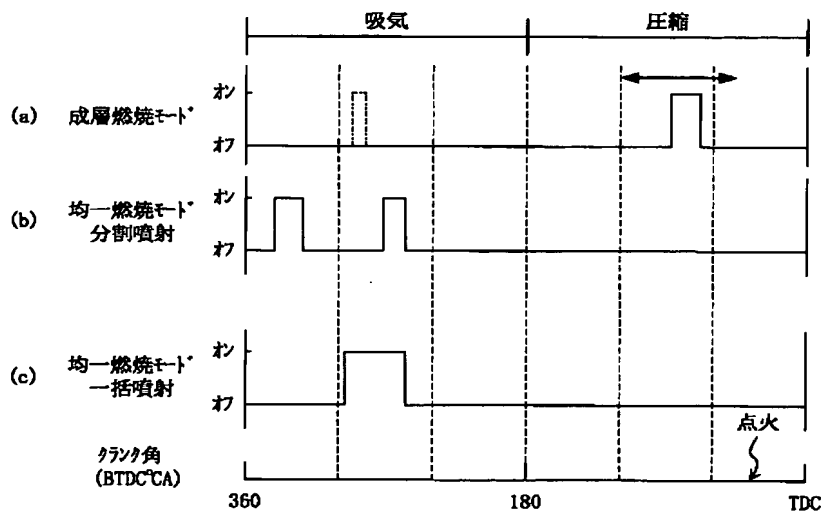
【図4】



【図2】

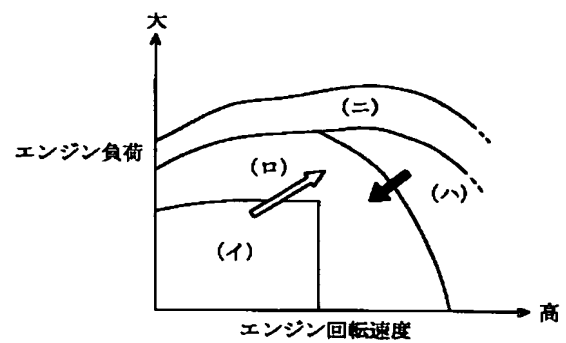
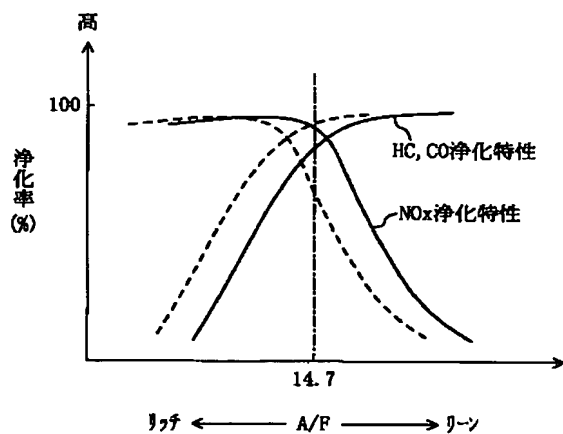


【図5】

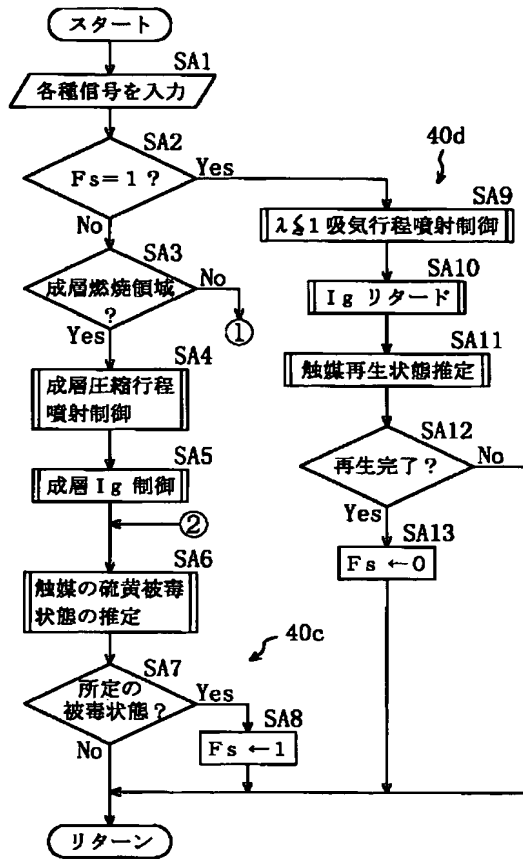


【図6】

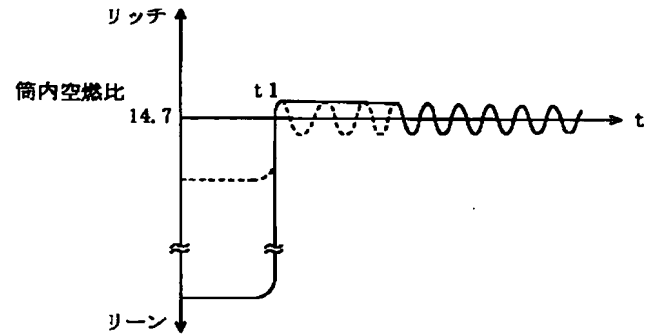
【図9】



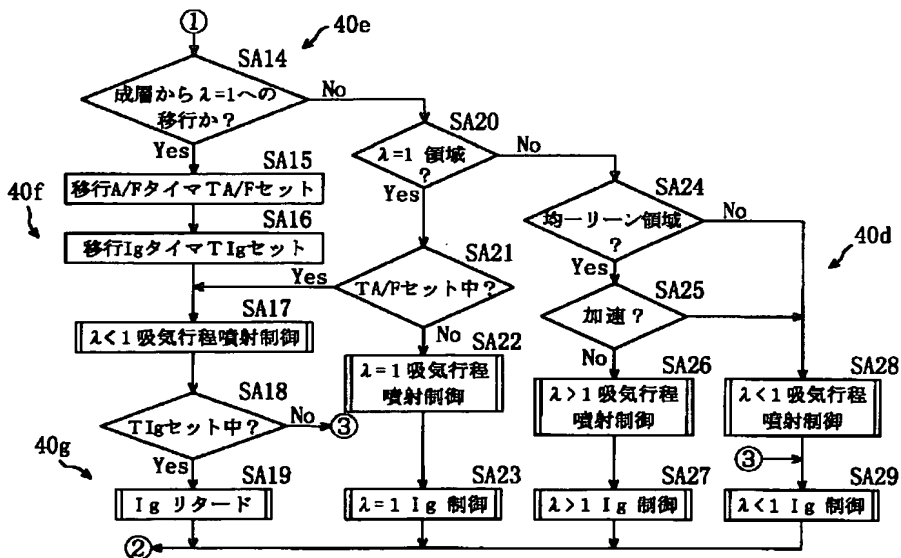
【図7】



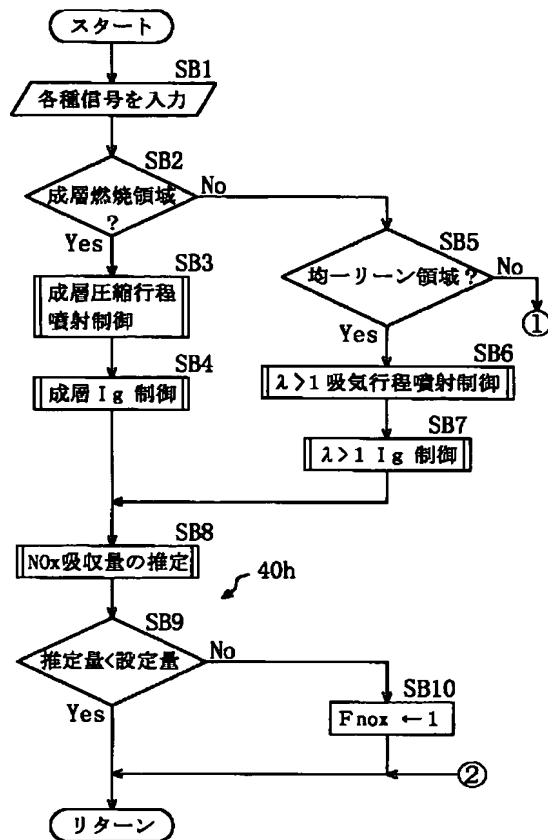
【図10】



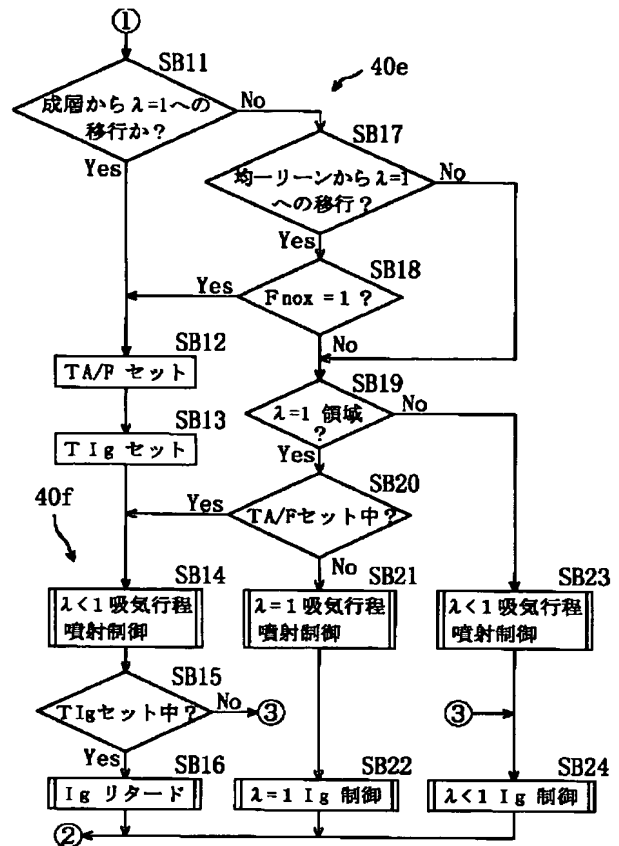
【図8】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.7

F02D 41/10  
41/34  
43/00

F02P 5/15

識別記号

330  
301

FI

F02D 41/10  
41/34  
43/00

F02P 5/15

テマコード (参考)

330A  
H  
301G  
301T  
F

F ターム(参考) 3G022 AA07 CA04 DA02 EA02 EA06  
EA07 FA06 GA01 GA05 GA06  
GA07 GA08 GA09  
3G084 AA04 BA13 BA17 CA03 CA04  
CA09 DA05 DA10 DA12 DA38  
EA11 EB05 EB10 EB12 EB20  
EC04 FA33 FA38  
3G091 AA02 AA12 AA17 AA23 AB03  
AB06 BA04 BA11 BA14 BA15  
BA17 BA19 BA32 CA18 CB02  
CB03 CB05 DA01 DA02 DA04  
DB10 EA01 EA05 EA06 EA07  
EA16 EA19 FA08 FA09 FA13  
FA14 FB03 FB10 FB11 FB12  
FC04 GB05Z GB06Z GB09Z  
GB17Z HA10 HA42 HB05  
3G301 HA01 HA04 HA13 HA16 HA17  
JA04 JA15 JA25 JA26 JA33  
KA09 KA24 KA25 LB04 MA12  
MA26 NA03 NA08 NC04 ND03  
ND16 NE01 NE06 NE23 PA04Z  
PA07Z PA10Z PA11Z PB08Z  
PD09Z PE03Z PE08Z